

цього процесу: теплової інерції (тривалості розгону) обладнання (τ_0); розморожування (τ_p); початкового прогріву (τ_{np}); пропарювання (τ_{oc}); охолодження (τ_{ox}).

Таким чином, цільову функцію оптимізації процесу пропарювання потрібно шукати з врахуванням запропонованих вище рекомендацій за такою залежністю:

$$T = f(\tau_0, \tau_p, \tau_{np}, \tau_{oc}, \tau_{ox}, t_c, t_x, t_o, S_1, S_2, W) \rightarrow \min.$$

Висновки. При тепловому обробленню деревини з вологістю вище точки насичення клітинних стінок під час теплової стерилізації букових пиломатеріалів процес відбувається без зміни в ній агрегатного стану вологи. Тобто процес тепловологообробки визначається лише двома явищами: теплообміном поверхні матеріалу з навколишнім середовищем та теплопровідністю деревини.

Література

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплового оброблення і сушіння деревини: Монографія. – Коломия: Вік, 2005. – 364 с.
2. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.
3. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск.: ЦНИИМОД, 1985. – 143 с.
4. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
5. Кречетов И.В. Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 432 с.
6. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

УДК 674.047

Ст. наук. співроб. О.О. Пінчевська, канд. техн. наук –
Національний аграрний університет, м. Київ

ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ЯКОСТІ СУШІННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ З ВІЛЬХИ

Запропоновано метод розрахунку дисперсії кінцевої вологості пиломатеріалів у сучасних камерах за умови описання процесу сушіння стохастичною моделлю з мінливими початковими та граничними умовами. Розрахункові та експериментальні криві поточної дисперсії вологості вільхових пиломатеріалів мали задовільну збіжність, що дає змогу прогнозувати якість сушіння їх в камерах різних конструкцій.

Senior research officer O.O. Pinchevska – National agrarian university, Kyiv

Preliminary assessment of drying quality alder sawn timbers

Proposed method of calculation of the dispersion finish moisture content by description the wood drying process as probability model with the accidental initial and boundary conditions. Calculation and experimental curved lines of current dispersion moisture content of alder saw timbers has satisfactory coincidence, so this method can be used for prognosis drying quality kiln dried alder saw timbers in different chambers.

Сушіння пиломатеріалів має важливе місце в технологічному процесі виготовлення деревних виробів. Під час сушіння формується значна кількість

споживчих властивостей майбутньої готової продукції. Внаслідок неякісного сушіння вироби у ході експлуатації можуть втратити свої функціональні властивості. Можливість прогнозування якості сушіння на основі теоретичних розрахунків звільнює від довготривалих та витратних експериментальних досліджень, забезпечує раціональне використання деревних порід, водночас і вільхи.

Деревина є матеріалом рослинного походження, якому притаманна значна мінливість властивостей. На її фізико-механічні властивості впливає багато чинників як порода, регіон та умови росту, кліматичні умови, наявність вологи, вад тощо, які самі є випадковими. У довідковій літературі наводяться середні значення параметрів фізико-механічних властивостей певних порід, але не вказана їх мінливість. Використання таких усереднених характеристик, що не враховують їх випадковий характер, часто призводить до некоректних технологічних розрахунків та спрощеного моделювання процесу.

Отже, уявлення сушіння пиломатеріалів випадковим процесом та його моделювання з урахуванням мінливості властивостей деревини та сушильного агента для отримання очікуваного розсіювання кінцевої вологості в штабелі є актуальною задачею промисловості.

Для прогнозу якості сушіння пиломатеріалів раціонально використати модель процесу сушіння з випадковими початковими та граничними умовами. Розв'язок цієї задачі у вигляді моментних рівнянь для математичного сподівання та дисперсії кінцевої вологості пиломатеріалів було отримано М.Н. Феллером [1]. Практичне використання цих рівнянь можливе після експериментального визначення дисперсії початкової d_{W_0} та рівноважної вологості пиломатеріалів d_{W_p} , дисперсії коефіцієнтів вологопровідності d_d та вологообміну d_α . Із наведених параметрів визначення перших трьох не викликає труднощів. Визначення мінливості коефіцієнту вологопровідності ускладнюється необхідністю проведення довготривалих експериментів, оскільки в літературних джерелах відсутні не тільки ці дані, але й середні значення коефіцієнтів вологопровідності для багатьох порід деревини. Тому цей параметр було прийнято детермінованим.

Отже, алгоритм розрахунку дисперсії кінцевої вологості пиломатеріалів з урахуванням наступних випадкових величин – початкової вологості пиломатеріалів, коефіцієнта вологообміну та рівноважної вологості має вигляд [2], а саме

$$d^{(n)}_W = \left(\frac{W_{nep}^{(n)} - W_p^{(n)}}{W_{nep}^{(n-1)} - W_p^{(n)}} \right)^2 d_W^{(n-1)} + d_{W_p}^n, \quad (1)$$

де: n – індекс ступеня режиму; $W_{nep}^{(n)}$ – значення перехідної вологості на n -ому ступені режиму; $W_{nep}^{(n-1)}$ – значення перехідної вологості на попередньому ступені режиму, для початкових умов $W_{nep}^{(n-1)} = W_0$, де W_0 – початкова вологість матеріалу; $W_p^{(n)}$ – рівноважна вологість на n -го ступеню режиму; $d_{W_p}^n$ – дисперсія рівноважної вологості на n -ому ступені режиму; $d_W^{(n-1)}$ – дисперсія по-

точної вологості на $(n-1)$ -ому ступені режиму, при $n=0$ дорівнює дисперсії початкової вологості d_{w_0} .

Рівняння (1) було отримано під час розв'язку відомого рівняння вологопровідності. Значення поточної та перехідної вологості, що входять до нього, визначаються з експоненціальної кривої кінетики сушіння, що обмежує використання алгоритму. Для можливості застосування наведеного вище рівняння для сушарок, в яких реалізується як експоненціальна, так і S -подібна крива кінетики сушіння, ми замінили рівняння для математичного сподівання на раніше отримане [3] рівняння кінетики сушіння з врахуванням термовологопровідності.

Для розрахунку припущеної дисперсії кінцевої вологості вільхових пиломатеріалів товщиною 50 мм були використані фактичні режимні параметри – температура сушильного агента t_c , рівноважна вологість W_p , реалізовані які експлуатуються на ВАТ "Видубичі" (Київ). Серед експериментальних кривих кінетики сушіння були відібрані такі, що мали різну дисперсію початкової вологості. Дисперсію поточної вологості пиломатеріалів визначали під час сушіння в певній камері за результатами вимірювання вологості по зондах вологомірів.

Для тих самих режимних параметрів були побудовані теоретичні криві кінетики сушіння та проведені розрахунки очікуваної дисперсії кінцевої вологості пиломатеріалів при сушінні в різних камерах – де проводився експеримент та в будь-якій з іншими аеродинамічними параметрами.

На рис. 1 наведено розрахункові та експериментальні криві зміни дисперсії вологості вільхових пиломатеріалів товщиною 50 мм з різним розсіюванням початкової вологості. Попередньо в цих камерах було експериментально визначено коефіцієнт варіації теплового поля V_{t_c} , % в штабелі пиломатеріалів, який відповідно мав такі величини: $V_{t_c} = 15,2\%$ в камері Sorcal та $V_{t_c} = 6,95\%$ в камері Termolegno.

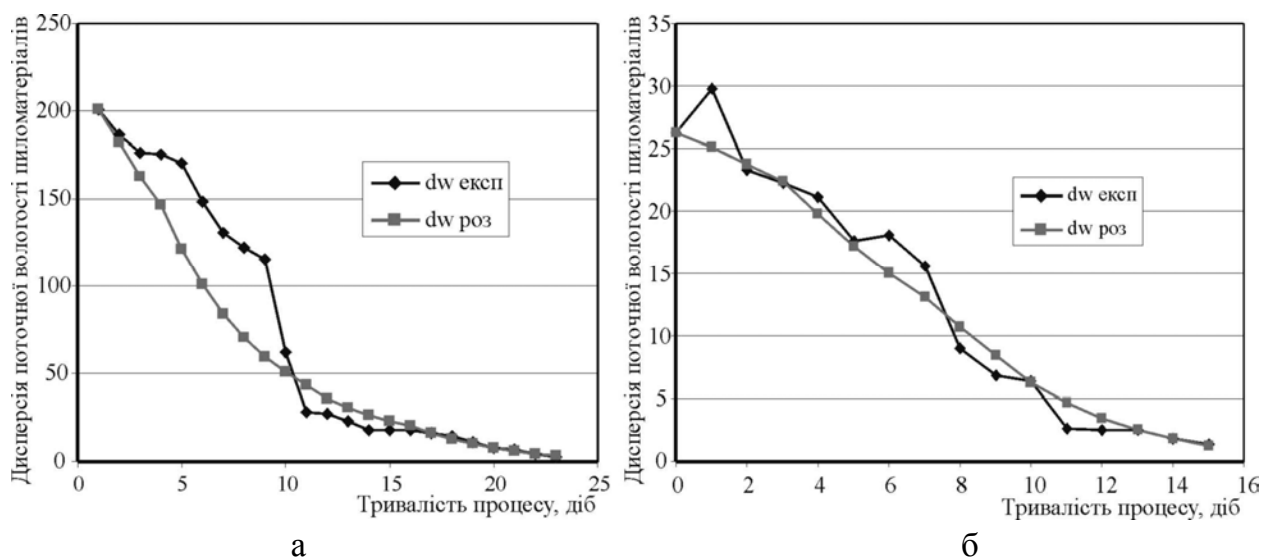


Рис. 1. Криві зміни дисперсії вологості пиломатеріалів з вільхи: розрахункова за теоретичною кривою кінетики сушіння $d_{w, \text{теор}}$, експериментальна $d_{w, \text{експ}}$ під час сушіння в камерах Sorcal (а) та Termolegno (б)

Як видно, розходження між отриманими кривими спостерігається на незначних ділянках, що передусім пов'язано з неточністю та невеликою кількістю вимірів поточної вологості штабеля пиломатеріалів по зондах вологоміру. Загалом така похибка не вплинула на кінцевий результат. Отже, запропоновану методику можна застосовувати для розрахунку припущеної дисперсії кінцевої вологості за умови сушіння в камерах з іншими аеродинамічними параметрами.

В табл. 1 наведено результати розрахунків припущеної дисперсії поточної вологості пиломатеріалів з вільхи з різною дисперсією початкової вологості під час сушіння однаковим режимом в камерах, де проводилися експерименти, та в камерах з аеродинамічними характеристиками, що істотно відрізняються.

Табл. 1. Результати підрахунку дисперсії кінцевої вологості пиломатеріалів під час сушіння в камерах різних конструкцій

Порода деревини	Початкова вологість, %	Кінцева вологість, %	Дисперсія початкової вологості	Дисперсія кінцевої вологості після сушіння в камерах	
				Termolegno	Copcal
Вільха	43	14	26,2	1,25	4,34
	50	14	200,8	1,67	5,91

Видно, що камера Termolegno, яка має менший розкид теплового поля в штабелі, є більш привабливою. Особливо це помітно при сушінні пиломатеріалів з незначним розсіюванням початкової вологості. За помірної швидкості сушіння на початку процесу відбувається підвищення дисперсії поточної вологості за рахунок гірших аеродинамічних характеристик сушарки. Тобто вплив нерівномірності розподілення параметрів сушильного агента в штабелі проявляється значною мірою при більш рівномірній початковій вологості. Це свідчить про значну вагомість впливу початкових умов на якість сушіння і ще раз підтверджує необхідність сортування пиломатеріалів за величиною початкової вологості при завантаженні в сушарку.

Камера Copcal без відповідних заходів з вдосконалення рівномірності теплового поля не може забезпечити якісного сушіння пиломатеріалів з вільхи. У разі неможливості зменшити розкид граничних умов шляхом реконструкції сушарки, якість сушіння можна підвищити за рахунок використання пом'якшених режимів сушіння.

Запропонований метод розрахунку дисперсії кінцевої вологості пиломатеріалів можна використовувати для визначення припущеного розкиду кінцевої вологості в партії пиломатеріалів з вільхи, що висушуватимуться в камерах різних конструкцій. Він дає можливість дослідити як вплив нерівномірності початкових умов – фактичного розкиду початкової вологості пиломатеріалів, так і граничних умов – розкиду аеродинамічних та теплових полів лісосушарок на якість сушіння пиломатеріалів. За наявності значень коефіцієнтів вологопровідності метод прогнозування якості сушіння може застосовуватись і для інших порід деревини.

Література

1. Феллер М.Н., Пинчевская Е.А. О прогнозе качества сушки в конвективных лесосушилках// Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2004, № 1. – С. 54-55.
 2. Феллер М.Н. Параболические уравнения из случайными коэффициентами пов'язані з нескінченновимірними виразами// Спектральні та еволюційні задачі: Труды Крымской осенней математической школы-симпозиума-1. – К., 1991. – С. 69-70.
 3. Пінчевська О.О., Гоняк В.М. Кінетика сушіння пиломатеріалів з вільхи// Наук. вісник НЛТУ України: Технологія та устаткування лісовиробничого комплексу. – Львів: НЛТУУ. – 2008, вип. 18.1. – С. 62-69.
-

УДК 674.048

Проф. І.М. Озарків, д-р техн. наук; доц. Н.Д. Довга, канд. фіз.-мат. наук; асист. З.П. Копинець; доц. Й.Л. Ацбергер; студ. О.І. Озарків – НЛТУ України, м. Львів

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГІЇ ВИПРОМІНЮВАННЯ В СУШАРКАХ

Розкрито шляхи керування спектральним складом потоку випромінювання у сушарках. Наведено відповідні залежності критеріїв оптимізації.

Prof. I.M. Ozarkiv; assoc. prof. N.D. Dovga; eng. Z.P. Kopynets; assoc. prof. Y.L. Atcberger; stud. O.I. Ozarkiv – NUFWT of Ukraine, Lviv

Ways of radiation energy optimization in dryers

The ways of spectral composition of radiation stream management in dryers have been considered. The proper dependences of optimization criteria are represented.

Відомо [1], що розрахунок, проектування і оптимізація енергії інфрачервоного (ІЧ) випромінювання мають ряд специфічних особливостей, що визначають порядок та структуру їх розрахунків. Сюди, насамперед, необхідно віднести такі:

- спектральний склад поглиненого об'єктом нагрівання та сушіння випромінювання, оскільки він прямо визначає інтенсивності нагрівання та сушіння, а також ефективність самої сушильної установки;
 - наявність попереднього етапу вибору спектрального складу ІЧ-випромінювання, який не пов'язаний із потужністю і температурою сушарки (на етапі проектного завдання);
 - температура випромінювачів (визначається спектральним випромінюванням).
- По-своєму, керування спектральним складом зводиться:
- до зменшення частки потоків небажаного спектрального складу шляхом організації поля випромінювання за рахунок рефлекторів (відбивачів і одночасно концентраторів випромінювання) із заданою конфігурацією або матеріалів із заданою анізотропією;
 - керування перевипромінюванням огорожень сушарки і генератора випромінювання шляхом зміни умов променевого теплообміну, тобто зміни частот енергії граничних поверхонь та випромінювачів у поглиненому потоці об'єкта сушіння;
 - зменшення часток цих потоків за рахунок керування оптичними властивостями (спектральними коефіцієнтами відбивання R_λ , пропускання D_λ і поглинання A_λ) екранів та випромінювачів.